Zur vergleichenden Anatomie

des

assimilatorischen Gewebesystems

der Pflanzen.

(Mit 2 Tafeln.)

Inaugural-Dissertation

der

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FACULTÄT

der

Universität Freiburg in der Schweiz

zur

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

vorgelegt von

CARL ROEDLER

aus Bernau (Mark).

BERLIN.

Druck von Mesch & Lichtenfeld.

S., Luisen-Ufer 13.

1898

Zur vergleichenden Anatomie

des

assimilatorischen Gewebesystems

der Pflanzen.

(Mit 2 Tafeln.)

Inaugural-Dissertation

der

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FACULTÄT

der

Universität Freiburg in der Schweiz

zur

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

vorgelegt von

CARL ROEDLER

aus Bernau (Mark).

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

BERLIN.

Druck von Mesch & Lichtenfeld.

S., Luisen-Ufer 18.

Seiner teuren Mutter

gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545307_0045

Einleitung.

Eine kurze historische Darstellung des Entwickelungsganges, welchen die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems genommen hat, dürfte formell an dieser Stelle berechtigt erscheinen; dennoch wird davon Abstand genommen.

Die Anfänge und Ergebnisse dieser Seite der Phytotomie sind zu bekannt, als dass eingehend darauf zurückgekommen werden müsste.

Durch Schwendeners grundlegende Arbeiten angeregt und geleitet von dem Gedanken, dass Anatomie und Physiologie zusammengehen müssen, haben sowohl seine Schüler als auch andere Autoren, im besonderen aber Haberlandt, verdienstvolle Untersuchungen geliefert und mit anerkannten Erfolgen in dieser Richtung gearbeitet. Letzterer Forscher hat im Jahre 1881 in Pringsheims Jahrbüchern Band XIII eine eingehende Studie über das assimilatorische Gewebesystem veröffentlicht.[1])

Mit Rücksicht auf den anatomischen Bau des genannten Gewebesystems und nach physiologischen Principien ordnet er die Pflanzen in aufsteigender Linie nach 3 Systemen mit 10 Typen und urteilt dann pag. 44: „Es entrollt sich vor uns auf diese Weise auch das Bild der phylogenetischen Entwickelung des Assimilationssystems“ und schliesst mit den Worten pag. 113: „Ein assimilatorisches Gewebesystem in dem oben präcisierten Sinne finden wir erst von den Moosen an aufwärts vor. Bei den genannten Kryptogamen ist dasselbe noch nach den beiden einfachsten Typen ge-

[1]) Vergleichende Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen. Dr. G. Haberlandt.

baut, steigt aber bei den Gefässkryptogamen rasch und stetig zu vollkommneren, ja bei den echten Farnen zu den vollkommensten Typen empor. Bei den Gymnospermen und Monocotylen dagegen zeigt sich im Bau des Assimilationssystems ein unruhiges Schwanken, es werden alle möglichen Typen, vom einfachsten bis zum compliciertesten und vollkommensten ausgeführt, doch bald wieder mit anderen vertauscht. Die Natur experimentiert gewissermassen und sucht einen möglichst vollkommenen, allen Anforderungen entsprechenden Typus zu construieren, dem sie dann bei den Dicotylen die allgemeinste Verbreitung sichert."

Derselbe Autor hat jedoch mehrere Jahre später die verdienstvolle Arbeit Wille's: „Das Assimilationssystem der Algen"[1]) einen willkommenen Beitrag in dieser Frage genannt und zugegeben „dass es Wille gelungen ist, alle 3 Bausysteme und verschiedene Bautypen, welche von ihm (H.) bei den höheren Pflanzen gefunden wurden, auch bei den Algen nachzuweisen."

Den Hauptinhalt von Wille's Arbeit bildet die Klarlegung eines wohldifferenzierten Assimilationssystems auch bei den Algen; hierdurch hat Wille für die Algen das nachgewiesen, was nach obiger Aeusserung und der früheren Ansicht Haberlandt's für die Moose kaum möglich sein sollte.

Die Darlegungen Haberlandt's in seiner erstgenannten Originalabhandlung vom Jahre 1881 finden sich in der 2. Auflage seiner „Physiologischen Pflanzenanatomie" 1896[2]) gleichfalls modifiziert, indem hier von dem ersten, dem sogenannten niedrigsten Typus des I Systems, (die assimilierenden Zellen sind in der Leitungsrichtung nicht gestreckt) nichts erwähnt ist, hingegen in einem besonderen Abschnitt (V cap. Das Assimilationssystem der Moose und Algen) das wohldifferenzierte Assimilationssystem bei einigen frondosen Lebermoosen besprochen wurde.

In dieser Weise hat der genannte Autor den Weg zur Korrektur selbst gekennzeichnet; denselben Weg weiter

---

[1]) Wille, Bidrag til Algernes physiologiske Anatomi. K. Svenska Vetenskaps-Akademienshandlinger Bd. 21, 1885.

[2]) G. Haberlandt. Physiologische Pflanzenanatomie, II. Aufl. Leipzig. Engelmann 1896.

verfolgend, glaube ich, obiger Schlussfolgerung noch weitere Modificationen anfügen zu dürfen.

Wenn schon Wille mit Anerkennung Haberlandt's gezeigt hat, dass bei den Algen trotz der systematisch niedrigen Stellung die Differenzierung des Assimilationssystems nichts zu wünschen übrig lässt, so ist Aussicht vorhanden, dass dieser Gedanke auch bei anderen Pflanzen Geltung hat und dass die Höhe der Differenzierung des assimilatorischen Systems sowohl bei den Lebermoosen, als auch bei weiteren Gruppen mit ihrer Stellung im System wenig zu thun hat.

Es liegt die Absicht vor, zu zeigen, dass auch für andere Pflanzen — abgesehen von den Algen — die aus der Phylogenie genommenen Ideeen nicht zutreffen. Wir betrachten zunächst einige Kryptogamen und in zweiter Reihe Beispiele aus den Phanerogamen. Bei den Moosen wird es sich darum handeln, dasjenige, was auch schon andere Autoren geleistet haben, von unserem Gesichtspunkt aus zu betrachten und zu zeigen, dass diese Pflanzen in bezug auf das genannte Gewebe keineswegs auf einer tiefen Stufe stehen, sondern den Dicotylen als durchaus äquivalent betrachtet werden können.

Ferner wird darauf hingewiesen werden, dass bei systematisch nahe verwandten Pflanzen grundsätzliche Verschiedenheiten vorkommen, die nicht systematischer sondern physiologischer Natur sind.

Zur Untersuchung gelangten:

1. Reihe: Kryptogamen.

A. **Marchantiaceae.**

B. **Polypodiaceae.**

2. Reihe: Phanerogamen.

1. Monocotylen.

A. **Potamogetonaceae.**

B. **Alismaceae.**

C. **Hydrocharitaceae.**

2. Dicotylen.

A. **Halorhagidaceae.**
B. **Callitrichaceae.**
C. **Ceratophyllaceae.**
D. **Vacciniaceae.**
E. **Berberidaceae.**
F. **Crassulaceae.**

Vorliegende Arbeit wurde zum grössten Teil im botanischen Institut der Universität Freiburg (Schweiz) ausgeführt, und möchte ich an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Westermaier, für stete Anregung und hilfsbereite Unterstützung meinen herzlichsten Dank sagen.

Zugleich ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Schwendener und den Herren Professoren Dr. Magnus und Dr. Schumann für wertvolle Ratschläge und Ueberlassung von Büchern bestens zu danken.

1. Reihe: Kryptogamen.

A. Marchantiaceae.

1. Transversaler Querschnitt durch den Thallus von Marchantia polymorpha.
2. Longitudinaler Querschnitt durch den Thallus von Marchantia polymorpha.
3. Transversaler Querschnitt durch den Strahl einer Inflorescenz von Marchantia polymorpha.
4. Longitudinaler Querschnitt durch den Strahl einer Inflorescenz von Marchantia polymorpha.
5. Transversaler Querschnitt durch den Inflorescenzstiel von Marchantia polymorpha.
6. Longitudinaler Querschnitt durch den Inflorescenzstiel von Marchantia polymorpha.
7. Transversaler und longitudinaler Querschnitt durch den Thallus von Fegatella conica.
8. Desgl. von Preissia commutata.

---

1. Transversaler Querschnitt durch den Thallus von Marchantia polymorpha.

In morphologischer Hinsicht zeigt der Querschnitt eine epidermale Zellschicht mit den bekannten kaminförmigen Spaltöffnungen; ausserdem geräumige Luftkammern mit dem Assimilationssystem.

Betrachtet man das Assimilationssystem, und berücksichtigt man das in ihm durchgeführte Princip der Arbeitsteilung, so ist folgendes festzustellen (Fig. 1).

Es finden sich:

a) schlauchförmige, senkrecht zur Thallusoberfläche gestreckte Chlorophyllzellen in reichlicher Anzahl. Sie sind derart angeordnet, dass sie als Zweige eines baumförmigen Systems erscheinen, welches

b) auf birnenförmigen sogenannten Trichterzellen ruht; ihrer Lage und Gestalt nach dienen diese Trichterzellen ohne Zweifel der Zuleitung.

c) Ferner sieht man als oberste Schicht des nun folgenden dichten Thallusgewebes Zellen, welche den Boden der Kammern und die Basis der Trichterzellen bilden. Die oberste Zellschicht führt ebenfalls wie die Trichterzellen Chlorophyll, jedoch in geringer Menge.

Es folgt eine beträchtliche Schicht von meist polygonalen farblosen Zellen.

Den Assimilaten ist nach diesem Befund der Weg vorgeschrieben. Aus Zelle a, b und c (Fig. 1) treten sie in die verkehrt-kegelförmigen Zellen t^1 und t^2 und werden in t^3 gesammelt; von hier gehen die Assimilate in die darunter befindlichen Zellen, welche die Ableitung übernehmen. Der Grund zu dieser Annahme, dass die letztgenannten Zellen, welche die oberste Schicht des dichten Thallusgewebes bilden, vorzugsweise der Ableitung dienen, liegt darin, dass die Zellen eine deutliche Streckung in der Längsrichtung des Thallus aufweisen, wie der longitudinale Querschnitt zeigt (Fig. 2).

2. Longitudinaler Querschnitt durch den Thallus von Marchantia polymorpha.

Am longitudinalen Querschnitt erkennt man zuerst die sich als Decke über das Assimilationsgewebe ausbreitende Epidermis; die Zellen der Epidermis enthalten in diesem, wie in den folgenden Fällen (No. 3—6) geringe Mengen Chlorophyll.

Das Assimilationssystem zeigt

die oben erwähnten länglich-röhrenförmigen Chlorophyllzellen, welche

auf verkehrt-kegelförmigen Zellen stehen.

Als Basis dieser Trichterzellen erscheinen Zellen, die im allgemeinen eine Streckung in der Längsrichtung des Thallus erkennen lassen, also rechtwinklig zum Verlauf der Assimilationszellen und der kegelförmigen Zellen stehen, s. in Fig. 2 (z.). Diese gestreckten Zellen sind durchschnittlich 2 bis 3 mal so lang als breit; wie Figur 2 zeigt.

Die farblosen Zellen finden sich in der nächsten Lage.

In anatomisch-physiologischer Beziehung geben die vorliegenden Verhältnisse ein klares Bild der auf einander folgenden Leistungen.

Die Assimilate wandern aus Zelle a, b, c (Fig. 2) zunächst in die Trichterzelle t^1 und dann in t^2, die nicht als einfache Zellen erscheinen, sondern ein wiederholt dichotomisches Verzweigungssystem aufbauen helfen. Aus der Sammelzelle t^2 gehen die Assimilationsprodukte in die Ableitungszellen (Fig. 2: z.).

Fassen wir nun das aus dem longitudinalen und transversalen Querschnitt gewonnene Resultat zusammen.

Der gesamte Apparat für die Assimilation stellt also ein wiederholt gabeliges Zellgerüst dar.

Die spezifischen Assimilationszellen bilden die letzten Glieder dieses baumförmigen Verzweigungssystems und münden nach unten in verkehrt-kegelförmige Trichterzellen, die auch ihrerseits Zweige einer basalen Sammelzelle darstellen können.

Die tiefstgelegene Sammelzelle steht auf Zellen, welche vorwiegend (cfr. Längsschnitt) in der Längsrichtung des Thallusgewebes gestreckt sind und demnach wohl der Ableitung dienen; die ableitenden Zellen bilden die oberste Lage des dichten Thallusgewebes.

Mit Recht kann man dies ein wohldifferenziertes Assimilationssystem nennen, denn zu einem solchen gehören im Sinne Haberlandt's

1. Assimilationszellen (a, b, c),
2. zuleitende Zellen (t^1, t^2)
3. ableitende Zellen (z).

Die dreifache Teilung der Arbeit ist hier so weit durchgeführt, wie sie in Phanerogamen-Blättern oft nicht beobachtet ist.

3. Querschnitt durch den Strahl einer Inflorescenz von Marchantia polymorpha.

Der Radialstrahl zeigt im Querschnitt zunächst die unter der Epidermis befindlichen Luftkammern. Begrenzt

werden dieselben an der Oberfläche von der Epidermis; auf die Zunahme der Wanddicke der Epidermiszellen im Vergleich mit denjenigen des liegenden Thallus möge hingewiesen werden.

Die Seitenwände der Luftkammern dienen als Pfeilerwände des — von der Epidermis gebildeten — Daches. Als Boden der Luftkammern functioniert die oberste Schicht des dichten Thallusgewebes.

Der Assimilationsapparat lässt dieselben Bauverhältnisse wie beim Thallusquerschnitt (No. 1) erkennen. Es finden sich häufig 3, auch 4 auf einander stehende Chlorophyllzellen (Fig. 3: a, b, c).

Die Sammelzellen haben die typische Trichterform; die unterste derselben steht auf Zellen, die im Querschnitt isodiametrisch erscheinen, eine andere Gestalt jedoch im Längsschnitt zeigen, wie aus dem Folgenden zn erkennen ist.

Betrachten wir nämlich im Anschluss hieran

4. den Längsschnitt durch den Strahl einer Inflorescenz von Marchantia polymorpha,

so weisen die verzweigten Zellreihen des Assimilationssystems nichts wesentlich Verschiedenes vom Querschnitt auf. Einen Unterschied aber zeigen die Zellen des farblosen Gewebes (Fig. 4). Die oberste Schicht dieses Gewebes, welche also die Basis der untersten Trichterzellen ist, zeigt meist Zellen, die eine in der Längsrichtung des Strahles gehende Streckung erkennen lassen; sie sind durchschnittlich 2 bis 3 mal solang als breit.

Die reiche Entwickelung des Assimilationsapparates bei dem vorliegenden Organteil der Pflanze steht augenscheinlich im Zusammenhang mit seiner physiologischen Function. An der Unterseite des Strahles, dem Inflorescenzträger genähert, bilden sich bekanntlich die Sporangien, und im Dienste dieses Vorganges ist eine reiche Zufuhr von Nährmaterial zu diesem Orte angezeigt. Da die im Strahl gebildeten Assimilate nicht ausschliesslich in diesem, an dem Ort ihrer Entstehung verbleiben werden, so ist es mehr als wahrscheinlich, dass sie nach dem Verbrauchsort, nämlich in die Nähe des In-

florescenzträgers zu dem Entstehungsort der Sporangien wandern. In dieser Weise erscheint die Streckung der oben erwähnten Zellen in der beschriebenen Richtung physiologisch begründet.

In Verfolgung des Assimilationssystems bei den Marchantiaceen muss auch noch ein weiteres Organ besprochen werden, das, soweit die Untersuchung ergeben hat, zur Assimilationsarbeit herangezogen wird, nämlich der Inflorescenzstiel.

5. Transversaler Querschnitt durch den Inflorescenzstiel einer Marchantia polymorpha.

Wir erkennen bei schwacher Vergrösserung in der Totalansicht am Querschnitt eine Art von Bilateralität des Stieles, nämlich eine chlorophyllführende Lichtseite und eine chlorophyllose Schattenseite. Bemerkt sei hierbei folgendes: Findet sich die Pflanze an senkrechten Mauern, so richtet sich der Stiel schräg aufwärts. Die Assimilationsleiste findet sich dem Lichte zugekehrt.

Beobachtet man nun die Schattenseite, so bemerkt man 2 Rinnen, die sich in der Längsrichtung des Stieles hinziehen. An der gegenüberliegenden, nämlich der Lichtseite, findet sich die erwähnte Assimilationsleiste, ebenfalls in der Längsrichtung des Stieles; sie läuft mit schmaler Basis am Stiel hinunter und enthält im Innern einen abgeflachten Hohlraum, der — in tangentialer Richtung mit Bezug auf den Stiel — ungefähr 3 bis 4 mal so breit als hoch ist (Fig. 5). Die Decke des Hohlraumes wird durch radiale Zellflächen getragen, welche im Querschnitt als Zellreihen erscheinen, dadurch wird der Hohlraum in eine Anzahl von Kammern geteilt, die mit dem Assimilationsapparat ausgestattet sind.

Beobachtet man nun mehrere solcher Luftkammern etwas genauer, so erscheinen die Zellwände der Epidermis stärker verdickt (Fig. 6). Die Luftkammern sind rechteckigen, ungleichseitigen Prismen vergleichbar, deren lange Seiten in longitudinaler Richtung und deren nächst kürzere Seiten in radialer Richtung liegen. Die Seitenwände dieser

Kammern zeigen in ihren Zellen einen ausgesprochenen Chlorophyllgehalt. Die Zellen des Assimilationsapparates bieten das bekannte Bild.

Die oberste Schicht des inneren Gewebes, das die Basis der untersten Trichterzellen darstellt, wird von kleinen isodiametrischen Zellen gebildet. Die nächsten inneren Lagen, welche aus polyedrischen Zellen bestehen, zeichnen sich durch stärkere Zellmembranen aus. Bei den zuletzt genannten polyedrischen Zellen sowie auch in den subepidermalen Schichten bei 5 K wurde eine kollenchymatische Verdickung gefunden (Fig. 5 und 7).

Zum Vergleich und zur späteren Kombination möge

6. Die Besprechung des Längsschnittes durch den Inflorescenzstiel von Marchantia polymorpha

folgen. Auch bei der genaueren Betrachtung dieses Schnittes zeigen sich die Aussenwände der Epidermiszellen merklich verdickt. Diese Membranverstärkung erstreckt sich weitergehend auch auf die Zellen, welche das innere Gewebe bilden. Die Gestalt dieser Zellen erweist sich durch Kombination dieses Schnittes mit dem vorhergehenden als eine in der Längsrichtung des Stieles gestreckte (Fig. 8).

In ernährungs-physiologischer Hinsicht sei bemerkt: Ein Verbleiben der im chlorophyllführenden Teil des Stieles erzeugten Assimilate erschiene als zwecklos, besonders da andere Teile der Pflanze einer Zufuhr von Nährstoffen bedürfen. Es wird sich also um eine zeitweise Wanderung derselben nach oben — zu der sporangienbildenden Inflorescenz — oder nach unten handeln. In beiden Fällen erscheint eine Streckung des inneren Zellgewebes im Dienste der Wanderung der Assimilate als angezeigt.

In mechanischer Beziehung noch folgendes: Die erhöhte Wanddicke der Epidermiszellen und die kollenchymatische Wandverstärkung des inneren Gewebes hängt mit der mechanischen Ausrüstung des ganzen Organs zusammen. Der Stiel, welcher immerhin eine Länge von 2 cm erreicht, hat die Aufgabe, die Inflorescenz zu tragen. An den Stiel wird also der Anspruch einer gewissen Biegungsfestigkeit gestellt, und auch dieser Function wird beim Aufbau des genannten Organs Rechnung getragen.

Resultat aus 3, 4, 5 und 6.

Wenn wir mit kurzen Worten die Ergebnisse der Beobachtung des Querschnittes und Längsschnittes eines Strahles und des Querschnittes und Längsschnittes des Stieles einer Inflorescenz recapitutieren, so sei vor allem festgestellt, dass auch in diesen beiden Fällen das Assimilationssystem einen wohlgegliederten Apparat darstellt.

Ferner sei die Bemerkung gestattet, dass der gelegentlich in Lehrbüchern befindliche Ausdruck „confervenähnliche" Fäden oder dergl. stellen das Assimilationssystem dar nicht ganz einwandsfrei ist. Conferva ist nicht verzweigt. Ferner kommen allerdings einzelne an Cladophora erinnernde Verzweigungen der Chlorophyllzellen vor, doch ist fraglich, ob nicht auch Dichotomie auftritt und so der Charakter der Verzweigung auch von Cladophora abweicht (Fig. 1 und 1b).

7. Transversaler und longitudinaler Querschnitt durch den Thallus von Fegatella conica.

Aehnliche und daher in unserm Sinne beachtenswerte Bauverhältnisse zeigt das Assimilationssystem zweier weiterer Vertreter der Familie der Marchantiaceen, nämlich von Fegatella conica und Preissia commutata; der Betrachtung möge zunächst eine Stelle des transversalen Querschnittes unterzogen werden, welche etwas entfernt von der Mitte des Thallus liegt. Diese Wahl erfolgte, um die Gestalt der Zellen zu konstatieren, da betreffs ihrer Gestalt in der Mitte des Thallus Angaben vorliegen.

Die Epidermis breitet sich wie eine schützende Decke aus und bildet wiederum gleichsam das Dach der Luftkammern, in deren Innern sich die Assimilationsorgane befinden.

Zum Assimilationsapparat gehören:

a) schlauch- resp. birnenförmige, reichlich mit Chlorophyll versehene Zellen, die — wie bei Marchantia polymorpha senkrecht zur Thallusoberfläche stehend — so gruppiert sind, dass sie die Endglieder einer baumartig angeordneten Verzweigung bilden;

b) die je unterste mehr oder weniger trichterförmige Zelle, von der dieses Verzweigungssystem beginnt, dürfte nach Gestalt und Stellung als Sammelzelle anzusehen sein. Auf denjenigen Sammelzellen, welche im Bereich der kaminförmigen Spaltöffnung sich befinden, bemerkt man schlauchartige, nach oben kegelförmig zugespitzte verlängerte Zellen, deren Chlorophyllgehalt gering ist. Diese sogenannten „Schnabelzellen" sollen nach einer neueren Untersuchung von Kamerling der Transpiration dienen.[1])

c) Als Basis dieser Sammelzellen und zugleich als Boden der Luftkammern dient die oberste Schicht des Thallusgewebes; die Zellen enthalten Chlorophyll. Die übrigen Zellagen des Thallusgewebes zeigen polygonale farblose Zellen.

Der longitudinale Querschnitt bietet in anatomischer Hinsicht analoge Verhältnisse der bezüglichen Zellen und Gewebe, jedoch mit der Modification, dass die Zellen des dichten Thallusgewebes, besonders diejenigen der obersten Schicht eine deutliche Längsstreckung erkennen lassen. Zur genaueren Veranschaulichung möge Fig. 9 dienen.

8. Preissia commutata.

Am transversalen Querschnitt durch den Thallus bemerkt man als kleine Abweichung gegen denjenigen von Fegatella conica eine mehr rundlich-schlauchförmige Gestalt der typischen Assimilationszellen auch derjenigen in der Nähe der Spaltöffnungen. Die Sammelzellen und die Zellen des dichten Thallusgewebes bieten keinerlei Verschiedenheiten (Fig. 10). Der longitudinale Querschnitt zeigt wiederum deutlich längsgestreckte Zellen im inneren Thallusgewebe.

Schluss.

Der anatomische Befund bei den Marchantiaceen berechtigt uns zur Constatierung einer befriedigenden Analogie in der Bauart des Assimilationssystems zwischen Phanerogamen und Lebermoosen.

[1]) Zur Biologie und Physiologie der Marchantiaceen. Inaug.-Diss. München. Höfling 1897.

B. Polypodiaceae.

Ueber die Anatomie der Blätter dieser Familie liegt bereits eine Untersuchung von Benze vor[1]); es wird deshalb von einer eingehenden Behandlung abgesehen. Nur sei darauf hingewiesen, dass mehrere Vertreter echter Farne nicht „zu den vollkommensten Typen" des assimilatorischen Gewebesystems emporsteigen. Benze sagt: „Das Assimilationsgewebe fehlt als typisch ausgebildetes Gewebe nur Adiantum; es zeigt Zellen von isodiametrischer Gestalt bei Polypodium lucidum, Pol. punctatum, Pol. Phyllitidis" etc.[2]). Auch Polypodium vulgare besitzt ein ziemlich einfach gebautes Assimilationssystem. Die Zellen sind im wesentlichen isodiametrisch und lassen nur ab und zu eine schwache Streckung in longitudinaler Richtung erkennen. (Fig. 11 und 12). Sowohl an der morphologischen Ober- als auch an der Unterseite führen die Zellen der Epidermis Chlorophyll; wie dies bereits für andere Farne nachgewiesen ist. Eine fast analoge Bauart zeigen Asplenium bulbiferum und Aspidium decompositum.

Obwohl die Farne als schattenliebende Pflanzen eine mässige Entwickelung des Assimilationsystems verständlich erscheinen lassen, sehen wir trotz der sogenannten niedrigen systematischen Stellung doch auch bei vielen Vertretern dieser Klasse eine auffallend hohe Differenzierung des assimilatorischen Gewebesystems entfaltet. „Palissaden-Zellen treten auf bei den Acrostichum-Arten, Platycerium alicorne und Polypodium Lingua. Armpalissaden besitzen z. T. zusammen mit gewöhnlichen Palissaden Asplenium falcatum, Aspidium Sieboldi, Blechnum, Dicksonia, Doodia[2])."

---

[1]) Ueber die Anatomie der Blattorgane einiger Polypodiaceen nebst Anpassungserscheinungen derselben nach Klima und Standort. Inaug Diss. Berlin 1887.

[2]) Benze, ibid. p. 46.

II. Reihe: Phanerogamen.

1. Monocotylen.

A. Potamogetonaceae.

1. Transversaler Querschnitt durch das Blatt von Potamogeton perfoliatus.
2. Longitudinaler Querschnitt durch das Blatt von Potamogeton perfoliatus.
3. Transversaler Querschnitt durch das Blatt von Potamogeton crispus.
4. Longitudinaler Querschnitt durch das Blatt von Potamogeton crispus.
5. Querschnitt durch das Blatt von Potamogeton densus und obtusifolius.
6. Transversaler Querschnitt durch das Leitbündel des Blattes von Potamogeton lucens.
7. Transversaler Querschnitt durch das Leitbündel des Blattes von Potamogeton natans.
8. Transversaler Querschnitt von Potamogeton plantagineus.

---

1. Der transversale Querschnitt durch das Blatt von Potamogeton perfoliatus

zeigt 3 Zellagen. Die oberste Zellage erscheint in der transversalen Richtung des Blattes gestreckt; die einzelne Zelle ist oft 2 bis 3 mal so lang als breit. Die Zellen der mittleren Schicht zeigen dagegen keine Streckung in transversaler Richtung; sie sind grösstenteils isodiametrisch und bedeutend geräumiger. Noch etwas geräumiger sind die Zellen der dritten Schicht, jedoch erscheinen sie an der Unterseite abgeplattet und daher 5eckig (Fig. 13).

Die Zellmembranen sind sehr dünn und ebenso die Epidermis der Oberseite und der Unterseite des Blattes.

2. In dem longitudinalen Querschnitt,

— der selbstverständlich ebenfalls 3 Schichten aufweist —, erscheinen die Zellen der obersten Lage, also parallel mit der Medianebene, klein und quadratisch, während bei denjenigen der zweiten Lage eine Streckung senkrecht zur Oberfläche unverkennbar hervortritt. Man könnte sie mit aufrecht stehenden Rechtecken vergleichen, deren kurze Seite parallel zur Oberfläche liegt. Diese Streckung tritt — wenn auch in etwas geringerem Grade — bei den Zellen der dritten Lage hervor (Fig. 14). Die Zellen der beiden oberen Schichten führen reichlich Chlorophyll, die Zellen der unteren Lage weniger.

3. Transversaler Querschnitt durch Potamogeton crispus.

Die entsprechenden Schnitte durch das Blatt von Potamogeton crispus zeigen, wie zu erwarten war, keinen erheblichen Unterschied. Wiederum treten 3 Schichten auf mit kleinen Zellen in der obersten und grösseren Zellen in der zweiten und dritten Lage. Deutlich gestreckt in transversaler Richtung des Blattes sind die Zellen der ersten Schicht, während unter den isodiametrischen Zellen der zweiten und dritten Lage nur einige transversal gestreckte vorkommen (Fig. 15).

4. Longitudinaler Querschnitt durch Potamogeton crispus.

An dem longitudinal durchschnittenen Blatt erkennt man in der ersten Schicht kleine Zellen, die an Quadrate mit abgerundeten Ecken erinnern; die Zellen der zweiten Schicht sind aufrecht gestellten Rechtecken vergleichbar, deren lange Seite senkrecht zur Oberfläche steht. Etwas abgeschwächt tritt diese Streckung auch bei den Zellen der dritten Schicht hervor. Eine bemerkenswerte Formveränderung der Zellen der zweiten und dritten Lage, nämlich eine deutliche Längsstreckung konnte auch in der Nähe der Leitbündel nicht beobachtet werden (Fig. 16); denn dieser Schnitt stammt aus unmittelbarer Nähe des Leitbündels.

5. Potamogeton densus und obtusifolius.

Die Blätter von Potamogeton densus und obtusifolius wurden ebenfalls untersucht, doch konnte nur die fast völlige

Uebereinstimmung im Bau des Assimilationssystems mit demjenigen von Potamogeton crispus constatiert werden.

Anatomisch-physiologisches zu 1—5.

Von der höheren Differenzierung des Assimilationssystems ausgehend, könnte man veranlasst sein, den Bau des Assimilationssystems bei Potamogeton crispus und perfoliatus einen höchst einfachen zu nennen. Wir verwahren uns jedoch von vornherein gegen die Auffassung, dieser Pflanze wegen der genannten Verhältnisse einen niederen Platz zuzuweisen.

Inwiefern kann nun hier von einer Zuleitung und Ableitung gesprochen werden? Es treten weder Reihen von Palissaden noch typische Trichterzellen, noch eigentliche Ableitungszellen deutlich hervor, und so erscheint die Annahme berechtigt, dass die eigentlichen Assimilationszellen bereits im Dienste der Zuleitung stehen. Da die oberste Schicht deutlich gestreckte Zellen aufweist, die in der Querrichtung des Blattes verlaufen, die beiden unteren Schichten ebenfalls in dieser Richtung Zelllumina von grösserer Dimension besitzen, so dürfte es wahrscheinlich sein, dass die Assimilate in der transversalen Richtung zu den Leitbündeln geführt werden.

Zur Erklärung dieser einfachen Structurverhältnisse scheint es dringend geboten, auf die Lebensweise Rücksicht zu nehmen. Potamogeton perfoliatus und crispus sind Wasserpflanzen, deren Blätter völlig untergetaucht sind. Der Stengel wird bis 1 m lang und besitzt in beiden Fällen eine reiche Anzahl dünner Blätter. Bei zu dickem Blattgewebe wäre der Gasverkehr bei dem untergetauchten Blatt ein zu geringer und würde vielleicht ein Verfaulen leichter eintreten. So tritt naturgemäss ein dünnes Gewebe auf. Da dieses dünne Gewebe nur wenige Zellschichten enthalten kann, so treten alle Zellen der 3 vorhandenen Schichten in den Dienst der Assimilation; sie vermögen alle dieselbe Arbeit zu verrichten und deuten zugleich durch die Streckung eine diesbezügliche Leitungsfähigkeit an.

Sobald jedoch eine Aenderung in dem biologischen Verhalten vorliegt, z. B. untergetauchte Blätter und schwim-

mende Blätter an einer Pflanze erscheinen, so ist auch eine sofortige Aenderung im Bau des Assimilationssystems zu constatieren, wie dies im folgenden bei Potamogeton natans nachzuweisen sein wird.

Hält man es für sachlich begründet, diesen biologischen Momenten die gebührende Aufmerksamkeit zu schenken, so erscheinen Potamogeton perfoliatus und crispus für ihre Lebensweise vollkommen ausgestattet.

Es fehlt jede Unterlage, die Vollkommenheit der genannten Pflanzen durch Hinzudenken von Trichterzellen oder Schwammparenchym erhöhen zu wollen, da diese beiden letzten Apparate eventuell geradezu verderblich für die Blätter sein würden. Es ist also nicht etwa angezeigt, diese beiden Pflanzen wegen des weniger differenzierten Assimilationsystems als unvollkommen oder niedrig hinzustellen.

Zum Vergleich schliesse ich zunächst eine Besprechung des Assimilationsystems von Potamogeton lucens (6), Potamogeton natans (7), Potamogeton plantagineus (8) an.

Da ein transversaler Querschnitt durch den gefässbündelfreien Teil der Blattfläche von Potamogeton lucens entsprechende Verhältnisse wie bei Potamogeton perfoliatus und Potamogeton crispus aufweist, so gelangt

6. der Transversalschnitt durch den nervenführenden Teil des Blattes von Potamogeton lucens

zur Behandlung.

Zuerst erkennen wir, dass die oberste Schicht mit ziemlich langgestreckten Zellen an der Epidermis sich hinzieht. Die mittlere (früher einfache) Lage gliedert sich zunächst in 2, dann in 3 und zunehmend bis in 5 Schichten, welche nun kreisförmig das Leitbündel umschliessen. Einige Zellen erscheinen bedeutend vergrössert und lassen eine Streckung zu den Leitbündeln erkennen.
Die Leitbündel bestehen aus Hadrom und Leptom, und sind beiderseits mit mechanischen sichelförmigen Belegen versehen (Fig. 17).

7. Transversaler Querschnitt durch ein Leitbündel des Schwimmblattes von Potamogeton natans.

Wesentlich andere Bauart bietet der Querschnitt durch den nervenführenden Teil eines schwimmenden Blattes von Potamogeton natans. Ein 2-, 3- resp. 4-schichtiges Palissadengewebe ist senkrecht zur Blattoberfläche gestellt. Typische Sammelzellen erscheinen als zuleitendes System; sie stellen die Verbindung her zwischen den Palissaden und sehr geräumigen Zellen, welche um die Leitbündel herum liegen. In einiger Entfernung von den Leitbündeln ist die Verbindung durch Schwammparenchym ausgeführt. Die Epidermis-Zellen der Unterseite führen reichlicher Chlorophyll als diejenigen der Oberseite (Fig. 18).

Betrachten wir anschliessend hieran einen Querschnitt durch den Teil des schwimmenden Blattes von Potamogeton natans, welcher keine Nerven zeigt, so tritt auch hier ein deutlich differenziertes Assimilationssystem auf. 2 resp. 3 Schichten von Palissaden stehen übereinander. Die letzte Lage derselben berührt rundliche Sammelzellen, welche sich an ein Gewebe schliessen, das den Bau von luftreichem Schwammparenchym zeigt. Dieses Gewebe dürfte vorwiegend im Dienste der Durchlüftung und Zuleitung stehen, während die Assimilation, die den Palissaden obliegt, hier in diesem Gewebe nur als Nebenfunction erscheint. Zwischen den Palissaden und den ableitenden Zellen finden sich die rundlichen Sammelzellen und die Zellen des Schwammparenchyms eingeschaltet. Da die kleinen rundlichen Zellen wie schon angedeutet höchst wahrscheinlich ebenfalls der Zuleitung dienstbar sind, so erscheint es berechtigt hier von einer weitgehenden Arbeitsteilung zu sprechen.

8. Transversaler Querschnitt durch das schwimmende Blatt von Potamogeton plantagineus.

Die beigefügte Abbildung (Fig. 19), welche den transversalen Querschnitt durch das schwimmende Blatt obiger Pflanze darstellt, erinnert durch das wohldifferenzierte Assimilationssystem an die entsprechenden Blätter von Pot. natans. Bemerkt sei nur, dass die Epidermis der Oberseite und Unterseite Chlorophyll führt.

Anatomisch-physiologisches zu 6, 7 und 8.

Beginnen wir unsere Betrachtung mit dem Querschnitt von Pot. natans (Fig. 18), so springt die hohe Differenzierung des Assimilationssystems in die Augen. Entsprechend der grösseren Dicke des Blattes sind hier nicht 3 gleichartige Zellschichten sondern mehr als die doppelte Anzahl von Zelllagen mit deutlich erkennbarer Verschiedenheit in Structur und Function vorhanden.

In Berührung mit Luft und Licht sind die Blätter vor schnellem Verfaulen geschützt und zeigen nicht nur eine grössere Fläche, welche bekanntlich das Schwimmen erleichtert,[1]) sondern auch eine grössere Dicke und den physiologischen Anforderungen entsprechend eine grössere Anzahl von Schichten.

Die Assimilationsarbeit scheint vorwiegend den 3 obersten Zellagen übergeben zu sein, welche die typische Form von Palissadenzellen besitzen. Die reiche Ausrüstung mit 3 Lagen solcher Zellen hängt natürlich mit gesteigerter Ernährung der Pflanze zusammen. Die ausgebildete Pflanze besitzt nach Verlust der untergetauchten Blätter nur eine beschränkte Anzahl schwimmender Blätter, denen die Assimilation obliegt. Die langen Blattstiele besitzen wenig oder kein Chlorophyll, ebensowenig die Stengel der Pflanzen. Die gute Beleuchtung und der vollkommene Luftzutritt zeigen sich andererseits förderlich für das Assimilationssystem; die Palissaden erscheinen in ausgeprägter Weise entwickelt. Infolge der Arbeitsteilung, welche durch die günstigen Verhältnisse ermöglicht wird, können andere Zellen die ableitende Function übernehmen.

Fragen wir, welches die Ursachen für diese vollkommene Structur sind, so genügt wiederum vollständig zur Erklärung die Rücksichtnahme auf die Lebensweise.

Irgend eine Notwendigkeit aber liegt nicht vor, diejenigen Pflanzen, deren Blätter eine bei den untergetauchten Wasserblättern geschilderte Structur besitzen, im System tiefer zu stellen.

---

[1]) Vgl. E. Jahn: „Ueber Schwimmblätter." Beiträge zur Bot. Band I, Stuttgart 1896.

B. Alismaceae.

1. Transversaler Querschnitt durch das Luftblatt von Alisma plantago.
2. Transversaler Querschnitt durch den gefässführenden Teil des Luftblattes von Alisma arcuatum.
3. Transversaler Querschnitt durch das Schwimmblatt von Alisma natans.
4. Transversaler Querschnitt durch das Luftblatt von Sagittaria sagittifolia.
5. Longitudinaler Querschnitt durch das Luftblatt von Sagittaria sagittifolia.
6. Transversaler Querschnitt durch das Schwimmblatt von Sagittaria natans.
7. Longitudinaler Querschnitt durch das Schwimmblatt von Sagittaria natans.

1. Transversaler Querschnitt durch das Luftblatt von Alisma Plantago.

Der transversale Querschnitt durch das Luftblatt dieser Pflanze bietet insofern eine beachtenswerte Eigentümlichkeit, als die Palissadenzellen von der bekannten Form abweichen. Das Abweichende der Form dokumentiert sich in der mittleren Zone durch Einschnürungen und Ausbuchtungen, also durch Verengungen und Erweiterungen im Verlauf der Längsachse der Palissadenzelle, während am unteren Ende mitunter Zuspitzungen erscheinen (Fig. 20). Die Palissaden sind von ungleicher Länge, sie sind reichlich mit Chlorophyll ausgestattet.

Die Erzeugung grösserer Intercellularräume im Assimilationssystem steht sichtlich im Zusammenhang mit der auffallenden Unregelmässigkeit der einzelnen Zelle. Unter den Palissaden erkennt man mehr oder weniger isodiametrische Sammelzellen, die wiederum an unregelmässige Zellen grenzen, welche meist transversal gestreckt sind, also parallel zur Oberfläche verlaufen. Um die Gefässbündel lagert sich deutlich die Parenchymscheide.

Die folgende Figur 21 giebt ein Abbild von dem

transversalen Querschnitt durch den gefässführenden Teil eines Blattes von Alisma arcuatum.

Wiederum erscheinen die eigentümlich geformten Palissadenzellen mit den darunter befindlichen rundlichen Sammelzellen. In der Umgebung eines Gefässbündels gruppieren sich diese letzteren im Verein mit den Zuleitungszellen zu einem mit grossen Intercellularräumen versehenen Gewebe. Die Parenchymscheide umgiebt das in der Mitte liegende Mestom samt den Stereombelegen. Falls man durch den Mittelnerv schneidet, finden sich zwischen dem Hauptbündel und der unteren Epidermis noch 2 kleine begleitende Stränge mit wenigen mechanischen Zellen; es findet sich also ein Mittelstrang mit 2 Seitensträngen.

3. Bei dem transversalen Querschnitt durch das Blatt von Alisma natans

treten die knorpeligen Palissadenzellen weniger deutlich hervor; weiterhin sind um die Gefässbündel nicht so auffallend grosse Intercellularräume zu bemerken. Das Querschnittsbild erinnert an dasjenige von Potamogeton natans (Fig. 18), jedoch sind bei Alisma natans die Stereomsicheln an den Gefässbündeln beiderseits breiter.

4. Sagittaria sagittifolia.

Wir beachten bei dieser Pflanze nicht die durchsichtigen, dünnen, submersen Blätter, sondern die Luftblätter. Bei der Musterung des transversalen Querschnittes durch den gefässführenden Teil des Blattes erregen die unter der chlorophyllfreien Epidermis befindlichen Palissaden unsere Aufmerksamkeit. Sie sind stellenweis von aussergewöhnlicher Länge, 4 bis 6 mal so lang als breit und reichen in dem gefässfreien Teil fast bis zur Mitte des Blattgewebes. Oft teilen zwei übereinander stehende Zellen den Raum, welchen am anderen Ort eine Palissade einnimmt. Wenn auch einzelne Palissadenzellen nicht genau senkrecht stehen und etwas gebogen erscheinen, so konnte doch eine auffallende Deformation nicht beobachtet werden. Sie berühren eine Lage isodiametrischer Sammelzellen, welche ihrerseits

mit den darunter befindlichen Zuleitungszellen in Verbindung stehen. Führt der Querschnitt durch ein Leitbündel, so erkennt man deutlich die ringförmige aus isodiametrischen Zellen bestehende Parenchymscheide, in welche das Leptom und Hadrom mit schützenden Bastsicheln eingebettet erscheinen. Erwähnt sei schliesslich eine kollenchymatische Verdickung eines Zellstranges, welcher sich an der Unterseite des Leitbündels resp. des Blattes hinzieht und in Fig. 22 deutlich hervortritt; er macht wesentlich den vorspringenden Teil der Unterseite aus.

5. Der longitudinale Querschnitt

lässt ebenfalls die schön ausgebildeten, langgestreckten Palissaden sowie die Intercellularräume erkennen. Die Zuleitungszellen erscheinen vorwiegend in longitudinaler Richtung gestreckt, soweit es sich um den gefässbündelfreien Teil des Blattgewebes handelt.

6. Sagittaria natans.

Zeigt auch der transversale Querschnitt, dass die Palissaden etwas kürzer sind als bei der eben besprochenen Species, so konnten weiterhin charakteristische Abweichungen von der gewöhnlichen Form nicht constatiert werden.

Die übrigen Arten von Zellen, als: Sammelzellen, Zuleitungs- und Ableitungszellen bieten nichts wesentlich Neues; sie offenbaren in ihrer Gesamtheit das Bild eines schön differenzierten Assimilationssystems.

7. Der longitudinale Querschnitt

ergiebt bei einer Durchmusterung ein fast gleiches Resultat. (Fig. 23.)

Die besprochenen Alismaceen und Sagittaria-Arten sind 5 von einander sowohl abweichend gebaute als auch biologisch verschieden situierte Pflanzen, sodass in anatomischer und biologischer Hinsicht jede derselben ihre besondere Wechselbeziehung zwischen Bau und Function erkennen lässt. Während Alisma Plantago feuchten Boden und sumpfige Orte liebt, stehen Alisma arcuatum und natans vorwiegend im Wasser der Gräben und Teiche. Bei hohem Wasserstande kann es vorkommen, dass die Blätter der

Landformen — im besonderen bei Alisma arcuatum — untergetaucht werden, wogegen bei längerer Trockenheit oft nur die Blattstiele vom Wasser umspült sind.

Bei Alisma Plantago vermisst man die bei Alisma arcuatum besonders in der Umgebung der Leitbündel deutlich hervortretenden Intercellularräume. Infolge ihres Standortes dürfte bei der erstgenannten Pflanze selten der Fall eintreten, dass die Blätter längere Zeit überflutet unter dem Wasserspiegel bleiben. Die Pflanze documentiert im Bau des Assimilationssystems im grossen und ganzen mehr den Charakter einer Landpflanze; tritt aber eine Ueberflutung ein, so erscheint die Annahme nicht unberechtigt, dass die durch die Einschnürung der Palissaden geschaffenen Luftkammern als kleine Steigerung des Durchlüftungsapparates in Function treten.

Bei Alisma arcuatum ist die Möglichkeit viel grösser, dass die Blätter untergetaucht werden. Es zeigen sich dementsprechend hier nicht nur eingeschnürte Palissaden, sondern auch im übrigen grössere Intercellularräume; die Pflanze neigt mehr dem Typus der Wasserpflanzen zu.

Bei Alisma natans sind die Intercellularräume nicht besonders umfangreich, auch zeigen die Palissaden wenig Neigung zu Deformationen. Teleologisch steht dieses Verhalten keineswegs im Gegensatz zur Lebensweise, da nach Jahn's Untersuchungen[1]) gerade die schwimmenden Blätter durch eine ganze Reihe von Einrichtungen gegen das Untergetauchtwerden geschützt sind, wir dürfen vielleicht hinzufügen, mehr als manche Luftblätter wasserliebender Gewächse.

Zu Sagittaria sagittifolia sei zunächst bemerkt, dass die Blattstiele eine noch grössere Länge haben als bei Alisma plantago; sie werden über einen Fuss lang und sind schon vor der Ausbreitung der Lamina kräftig ausgebildet. Auch bei sehr hohem Wasserstande — wie in der Beobachtungszeit im August 1897 — tritt wohl kaum ein Untergetauchtwerden ein; ebenso wenig dürften die Schwimmblätter von Sagittaria natans (aus den von Jahn

[1]) Jahn: Ueber Schwimmblätter. Beiträge zur wiss. Botanik. Stuttgart. Nägeli. 1896.

angegebenen Gründen) dieser Gefahr unterliegen. Werfen wir also einen Rückblick auf die beiden Sagittaria-Arten, so dürfte auch hier die geringere Grösse der Intercellularräume — gegenüber derjenigen, welche bei Alisma arcuatum erforderlich ist — verständlich erscheinen. Bei den genannten Alismaceen liegt es daher nahe, die betreffenden anatomischen Verhältnisse in der obigen Weise mit den Lebensbedingungen in Beziehung zu setzen.

Erwägt man vorurteilsfrei die vorliegenden Thatsachen, so scheint es nicht berechtigt, dieser Familie der Monocotylen etwa eine weniger vollkommene Structur im Blattbau zuzuweisen als den Dicotylen.

C. Hydrocharitaceae.

1. Transversaler Querschnitt durch das Luftblatt von Stratiotes aloides.

2a. Transversaler Querschnitt durch das Wasserblatt von Stratiotes aloides vom 3. VIII. 1897.

2b. Transversaler Querschnitt durch das Wasserblatt von Stratiotes aloides vom 31. XII. 1897.

3. Transversaler Querschnitt durch das Schwimmblatt von Hydrocharis morsus ranae.

1. Transversaler Querschnitt durch das Luftblatt von Stratiotes aloides.

Ehe die anatomischen Verhältnisse des Blattes zur Besprechung gelangen, möge an die eigenartige Lebensweise und Ueberwinterung der Wasseraloe erinnert werden. Eine dichte Rosette von dreikantigen, stachelig gewimperten Blättern sitzt auf einer gestauchten Achse, welche nach unten einfache, sehr lange cylindrische Wurzelfasern treibt. Das Gewächs schwimmt in tieferen Teichen oder Seeen während des Sommers an der Oberfläche des Wassers mit teilweis über den Wasserspiegel ragenden Blättern, um nach dem Abblühen zu Boden zu sinken. In seichten Tümpeln haftet die Planze im Boden und entwickelt reichlich schön ausgebildete Luftblätter und wenige dünne, submerse Blätter. In den Achseln der Blätter bilden sich Knospen, welche durch Tragstiele allmählich herausgeschoben werden. Nachdem sich die Knospen mehr und mehr entfaltet haben und

die Tragstiele verwest sind, ist somit ein neues Individuum entstanden, welches alsbald zu Boden sinkt, Wurzeln treibt und in diesem Zustande überwintert. Die kleinen, zartblättrigen Rosetten erscheinen, auch wenn sie mitten im Winter im Schlamm des kalten Wassers gefunden werden, frisch grün und lebenskräftig. Die im Zusammenhange mit dieser Lebensweise sich entwickelnden Luft- und Wasserblätter sollen nun bezüglich ihrer Structur betrachtet werden.

Luftblatt von Stratiotes aloides.

Wird ein Luftblatt in der Nähe des Mittelnerves transversal durchschnitten, so erblickt man unter der kleinzelligen, chlorophyllfreien Epidermis der morphologischen Oberseite 2, mitunter 3 Lagen von Palissadenzellen, welche senkrecht zur Oberfläche stehen. Das Volumen dieser Zellen ist — wohl infolge ihrer bedeutenden Anzahl — nicht gross, die Gestalt derselben meist normal; jede Palissadenzelle ist durchschnittlich 2—3 mal so lang als breit, zeigt jedoch hier und da Neigung zur eiförmigen Abrundung.

Die angrenzenden Sammelzellen lassen nur vereinzelt die typische Trichterform erkennen, vorwiegend erscheinen sie isodiametrisch. Sie bilden besonders in der Nähe des Mittelnerves in Gemeinschaft mit den übrigen Zuleitungszellen ein Gewebe, welches von kreisförmig- oder ovalgestalteten Luftkanälen durchzogen wird. Die Zuleitungszellen lassen zum Zentralstrang hin eine Streckung erkennen und münden in strahlenförmiger Anordnung in die Zellen der Parenchymscheide, welche als typisches Ableitungsgewebe das mit den Stereomsicheln versehene Mestom umgiebt. An der entgegengesetzten Seite des Blattes, also an der morphologischen Unterseite finden sich meist 2 Lagen Palissaden nebst zugehörigen Sammelzellen. In der Nähe des Mittelnerves zeigen sich sowohl zwischen diesem und der morphologischen Ober- als auch an der Unterseite je 2 Nebenstränge.

Das Gesamtbild des vorbeschriebenen Blattes erinnert im allgemeinen an den Blattquerschnitt von Alisma arcuatum (Fig. 21). Eine Abweichung ist in dem Assimilationssystem von Stratiotes insofern zu konstatieren, als an der morpho-

logischen Ober- und Unterseite des Blattes eine mehrfache Lage von Palissadenzellen auftritt, die beiderseits von Sammelzellen begleitet werden, wonach der Blattbau mehr oder weniger isolateral zu nennen wäre. Die Blätter stehen bekanntlich in einem Winkel von 45—50°. In der ganzen Structur macht sich auch hier eine Vorsorge gegen temporäre Ueberflutung geltend; muss die Pflanze zeitweilig unter Wasser vegetieren, so werden auch im vorliegenden Fall die Intercellularräume in Function treten. Die vollständige Versinkung unter Wasser betrifft speziell die jungen Individuen, welche keine Luftblätter haben. Für den Fortbestand dieser jungen Pflanzen ist ein Ersatz der Luftblätter notwendig und zwar durch solche Organe, welche den Bedingungen des submersen Aufenthaltes angepasst sind, und diese zweite Art von Assimilationsorganen sind die nun zu besprechenden Wasserblätter.

2a. Transversaler Querschnitt durch das Wasserblatt von Stratiotes aloides.

Zunächst möge ein submerses Blatt untersucht werden, welches anfangs August einem älteren Exemplar entnommen wurde. Entsprechend der Zartheit ist die innere Structur eine ganz andere. Der Transversalschnitt zeigt grosslumige dünnwandige Epidermiszellen, welche reichlich mit Chlorophyll versehen sind. Im Innern findet sich ein meist 3 schichtiges, farbloses Gewebe, das aus grossen Zellen mit geringem Chlorophyllgehalt besteht (Fig. 24). Eine Streckung dieser Zellen nach irgend einer Richtung hin konnte nicht kanstatiert werden. Das mittlere Blattgewebe wird von Luftkanälen durchzogen.

2b. Als weiteres Object diente das Wasserblatt einer völlig submersen, jungen Stratiotes aloides aus dem Berliner Botanischen Garten. Die Zeit der Entnahme war der 31. XII. 1897.

Die Untersuchung lässt einen dem eben betrachteten Blatte völlig analogen Bau erkennen, nämlich die chlorophyllreiche, grosszellige Epidermis und das innere aus 1 bis 3 Lagen bestehende Blattgewebe; nur soll bemerkt werden, dass diesem mittleren Gewebe ein deutlicher Chlorophyll-

gehalt eigen war. Zerstreut im Gewebe liegen Leitbündel, denen grössere Gefässe und Stereomsicheln mangeln. Zwischen Leitbündel und Epidermis sind Kollenchymbelege zu erkennen.

Die ganze Structur der beiden eben betrachteten Blätter deutet auf eine submerse Lebensweise hin und erinnert an den Bau der Blätter von Potamogeton perfoliatus. Die chlorophyllhaltige Epidermis ist sowohl den im Sommer, als auch den im Winter entnommenen Wasserblättern eigen; nur fällt die geringe Menge des Chlorophylls im mittleren Blattgewebe des unter 2a zuerst beschriebenen Blattes und das Vorhandensein desselben am gleichen Ort bei dem zuletzt untersuchten submersen Blatt auf. An diese Thatsache möge sich folgende Betrachtung knüpfen. So lange die Luftblätter existieren, wird vorwiegend diesen, durch ein hochdifferenziertes Gewebesystem ausgezeichneten Organen die Assimilation obliegen; im weiteren erschiene die Annahme nicht unberechtigt, dass während dieser Periode das Mesophyll der bereits vorhandenen und in Entstehung begriffenen Wasserblätter als Speichergewebe functioniert; durch Jodkalilösung lässt sich Stärke nachweisen. Nach dem Abblühen sinkt die Pflanze unter, und es tritt ein Vergehen der Luftblätter ein; durch das Reifen der Samen, beziehungsweise durch das Entstehen der Sprosse wird eine merkliche Abgabe der gespeicherten Stoffe nötig werden. Da nun ferner die Ernährung der Mutterpflanze — und ebenso die der jungen Individuen — den zugehörigen submersen Blättern obliegt, so erscheint die Ausstattung des mittleren Gewebes mit Chlorophyll während der Winterperiode fast notwendig und teleologisch ziemlich verständlich. In solche geringe Tiefen von $^1/_4$—$^1/_2$ m, um die es sich hier handelt, dringt ja auch das erforderliche Licht.

Schluss.

Die vorliegende Betrachtung ergiebt, dass Stratiotes aloides mit 2 Arten von Blättern — Luft- und Wasserblättern ausgestattet ist, die in ihrem inneren Bau von einander völlig verschieden sind. Während das Luftblatt ein hoch differenziertes Assimilationssystem besitzt, lässt das Wasserblatt sehr einfache anatomische Verhältnisse erkennen.

3. Hydrocharis morsus ranae.

Eine andere wasserliebende, verbreitete Monocotyle, welche der Familie den Namen gegeben hat, ist Hydrocharis morsus ranae. Sie findet sich in Teichen und ist charakterisiert durch eine reiche Entwickelung nierenförmiger Schwimmblätter, welche die Oberfläche stehender Gewässer häufig mit einer grünen Decke überkleiden. Erwähnt möchte im voraus werden, dass sich die Pflanze — nicht wie Stratiotes durch Sprosse — sondern durch länglich runde Bulbillen fortpflanzt, die nach ihrer Bildung im Herbste zu Boden sinken, und im Schlamm die Winterruhe verbringen. Im Frühjahr steigen sie empor und entfalten zunächst einige Blätter, die mit kümmerlicher Spreite versehen sind. Da diese Blätter — ähnlich wie die schmalen submersen Blätter von Sagittaria sagittifolia — nur die Stellung von provisorischen Assimilationsorganen einnehmen, so folgt die anatomische Untersuchung der Schwimmblätter; diese sind von lederartiger Beschaffenheit und haben eine glatte Oberfläche.

Transversaler Querschnitt durch das Schwimmblatt.

Entsprechend der derben Konsistenz der Blätter zeigt der transversale Querschnitt, dass die Epidermis — besonders an der Unterseite — ziemlich starkwandig ist und chlorophyllfreie Zellen enthält. Die Epidermiszellen der Unterseite übertreffen diejenigen der Oberseite an Grösse ganz bedeutend. Weiter treten 2 Lagen senkrecht zur Oberfläche gestellter Palissadenzellen hervor; dieselben sind normal ausgebildet und von ansehnlicher Grösse — durchschnittlich 3 mal solang als breit. — Die beiden Palissadenschichten reichen fast bis zur Mitte des Blattgewebes. Die Palissaden ruhen auf deutlich erkennbaren Sammelzellen, welche ihrerseits von anderen transversal gesteckten Zuleitungszellen berührt werden. Die Zuleitungszellen besitzen zwischen sich und der unteren Epidermis die uns bei Wasserpflanzen wohlbekannten Luftkanäle. Eine aus isodiametrischen Zellen bestehende Parenchymscheide umschliesst den (im Querschnitt) kleinzelligen Leptomstrang, dem wenige mechanische Zellen angelagert sind.

Durch die Betrachtung des transversalen Querschnittes kann nur konstatiert werden, dass im vorliegenden Fall ein gut ausgebildetes Assimilationssystem vorhanden ist. Zudem scheint das Blatt nicht nur befähigt, auf der Oberfläche des Wassers schwimmend, die erforderlichen Lebensfunctionen zu verrichten, sondern auch unter gewissen Verhältnissen als Luftblatt zu vegetieren. Verschwindet das Wasser in schattigen Tümpeln, sodass nur ein feuchter Schlamm zurückbleibt, so stellen sich die Spreiten der Blätter schief und nehmen wie an Orten starker Insolation rotbraune Färbung an. Die nun neugebildeten Blätter besitzen nach Schenk's Untersuchungen[1]) eine kleinere Blattspreite und kürzere Stiele. Ob eine Abweichung auch in der anatomischen Structur eintritt, konnte nicht ermittelt werden, da brauchbares Material wegen des hohen Wasserstandes im Jahre 1897 nicht zu erlangen war. Noch ein weiterer Beitrag für die Anpassungsfähigkeit der Blätter möge erwähnt werden.

Frank versenkte bei seinen interessanten Versuchen (Cohn, Beiträge zur Biologie I) Hydrocharispflanzen in ein hohes, mit Wasser gefülltes Glas. Während sich die Stiele der älteren, vorhandenen Blätter je nach dem Alter mehr oder weniger streckten, aber zum Teil unter Wasser blieben, schossen die entstehenden Blätter rasch empor, sodass das zweite oder dritte derselben mit der Lamina den Spiegel erreichte.

Schlussfolgerung.

Die anatomischen Verhältnisse der Schwimmblätter bei Hydrocharis morsus ranae und der Luftblätter von Stratiotes aloides lassen die Durchführung der Arbeitsteilung im Assimilationssystem erkennen. Es liegt keine Veranlassung vor, dem Assimilationssystem dieser Familie der Monocotylen — nämlich der Hydrocharitaceen — einen geringeren Grad der Ausbildung zuzuschreiben als demjenigen der Dicotylen z. B. der Halorhagidaceen oder Crassulaceen; vielmehr mögen die folgenden Blatt-

[1]) H. Schenk: Biologie der Wassergewächse 1886. Bonn pag. 95.

untersuchungen einiger Angehöriger dieser Familien zeigen, dass der Differenzierungsgrad ihres Assimilationssystems einfach ein den Lebensverhältnissen entsprechender ist.

---

2. Dicotylen.

A. Halorhagidaceae.

1. Transversaler Querschnitt durch das Luftblatt von Hippuris vulgaris.
2. Transversaler Querschnitt durch das submerse Blatt von Hippuris vulgaris.

1. Transversaler Querschnitt durch das Luftblatt von Hippuris vulgaris.

Als erste Familie der Dicotylen mögen die Halorhagidaceen mit dem einzigen Vertreter Hippuris vulgaris zur Besprechung gelangen. Seine Lebensweise und anatomischen Verhältnisse können zur Vergleichung mit einigen vorher besprochenen Monocotylen Veranlassung geben.

In bezug auf die Lebensweise möge die Bemerkung vorangeschickt werden, dass Hippuris nicht nur als Wasserpflanze, sondern auch als Landpflanze vegetieren kann. Als Luftpflanze gedeiht Hippuris gewöhnlich an feuchten Uferstellen von Gräben und Bächen. Aus den Rhizomen, welche sich im feuchten Ufersande befinden, treiben lange, unverzweigte Sprosse, die mit 8—12 schmallinealischen, in Wirteln angeordneten Blättern besetzt sind. Gedeiht die Pflanze in tieferem Wasser, so treibt der schlaffe Hauptstamm Nebenstengel, die je nach dem Wasserstand mehr oder weniger in die Luft ragen. Die an Haupt- und Nebenstengel befindlichen submersen Blätter sind schlaff, durchscheinend und länger als die weiter oben befindlichen Luftblätter.

Der transversale Querschnitt durch ein Luftblatt zeigt eine Epidermis, welche aus kleinen isodiametrischen Zellen ohne Chlorophyllgehalt besteht (Fig. 25a). Die nun folgenden, senkrecht zur Blattobarfläche angeordneten Palissaden, sind nach Form und Zahl wohl ausgebildet; in 3, auch in mehr Stockwerken stehen sie übereinander.

Die einzelne Zelle ist 2 bis 3 mal so lang als breit. Auch an der morphologischen Unterseite finden sich — wenn auch weniger gut ausgebildet — Palissaden. Grössere Sammelzellen bilden den Abschluss der an der oberen Blattseite befindlichen Stockwerke gegen das Innere zu. Die Verbindung zwischen der Sammelzelle und den Zellen der Parenchymscheide wird durch Zuleitungszellen hergestellt, welche in der Umgebung der Parenchymscheide eine mässige transversale Streckung erkennen lassen. Neben dem Hauptbündel in der Mitte des Blattes findet sich je 1 rechts und links liegender Seitenstrang; auch diese letzteren sind mit Parenchymscheiden umgeben.

Hiernach besitzen die Luftblätter von Hippuris vulgaris ein hoch differenziertes Assimilationssystem; es sind die drei charakteristischen Zellarten zu erkennen und ferner ist das Blattgewebe von geräumigen Luftkanälen durchzogen. Diese Structur lässt wohl keinen Zweifel, dass auch hier bei einer zeitweisen Ueberflutung die Intercellularräume in Function treten und den Fortbestand der Luftblätter auch im anderen Medium für einige Zeit sichern.

2. Transversaler Querschnitt durch ein submerses Blatt.

Ein ganz anderes Bild gewährt der Querschnitt eines submersen Blattes (Fig. 25 b). Betrachtet man ein solches, in der Nähe des Mittelnerves transversal durchschnittenes Blatt, so findet sich unter der kleinzelligen Epidermis zunächst eine Lage meist grosslumiger, isodiametrischer Zellen, welche Chlorophyll führen; in der Nähe des Leitbündels grenzen diese an die Zellen der Parenchymscheide. Entfernt von den Leitbündeln berühren sie sich mit anderen, ähnlich gestalteten Zellen, welche das Mesophyll bilden helfen. Eine Streckung dieser letzteren in irgend einer Richtung dürfte schwer zu konstatieren sein; diese unter sich ziemlich gleichartigen Zellen lassen grosse Luftkanäle zwischen sich frei. An der morphologischen Unterseite lagern sich ohne erkennbare Ordnung umfangreiche isodiametrische Zellen.

Das Mesophyll des Wasserblattes stellt sich somit als ein mehr oder minder lockeres Gewebe von isodiametrischen Zellen dar. Zu einer Unterscheidung von typischen Palis-

saden nebst Trichterzellen und Zuleitungszellen giebt der Befund keine Handhabe.

Die Dicotyle Hippuris verhält sich somit ganz analog der monocotylen Stratiotes; wie den Luftblättern von Stratiotes aloides ist auch denjenigen des Tannenwedels ein gut differenziertes Assimilationssystem eigen, während die Wasserblätter, dem Medium entsprechend, einen einfacheren Bau erkennen lassen.

B. Callitrichaceae.

Transversaler Querschnitt durch das Wasserblatt von Callitriche stagnalis.

Callitriche stagnalis findet sich meist in der Form grosser submerser Rasen in langsam fliessenden Gewässern. Die Stengel sind flutend und die jungen Sprosse treiben an den Stengelknospen Adventivwurzeln, während das hinterste Stengelende abstirbt. Die Blätter sind am unteren Stengelende gegenständig, nur an der Spitze rosettenförmig zusammengedrängt, schmallineal und dünn.

Der transversale Querschnitt bietet eine kleinzellige Epidermis; das Mesophyll besteht vom Blattrand aus gerechnet gegen die Mitte zunehmend aus 1 bis 4 Zellagen. Die Form dieser Zellen ist mehr oder minder isodiametrisch, dagegen sind die Grössenverhältnisse derselben verschieden.

Diese Dicotyle unterscheidet sich somit nicht durch höhere Differenzierung in ihrem Blattbau von der oben besprochenen Monocotyle Potamogeton perfoliatus nur die grössere Dicke erheischt eine Steigerung der Intercellularräume. (Fig. 26.)

Stellen wir neben die beiden erwähnten Pflanzen (Callitriche stagnalis und Potamogeton perfoliatus), Marchantia polymorpha, so fällt ein Vergleich hinsichtlich des Assimilationssystems natürlich zu Gunsten der letzteren aus, die Notwendigkeit einer höheren Differenzierung des Assimilationssystems liegt in der physiologischen Anforderung die auf ein System keine grosse Rücksicht nimmt, wenn man sich so ausdrücken darf.

C. Ceratophyllaceae.

Transversaler Querschnitt durch das submerse Blatt von Ceratophyllum demersum.

Ceratophyllum demersum, welches nur untergetauchte Blätter aufweist, lässt a priori keine hohe Differenzierung des Assimilationssystems erwarten; dem entspricht auch der anatomische Befund.

Da es eine typische Wasserpflanze ist, so ist es etwas nichts Ungewöhnliches, dass die Epidermis chlorophyllhaltig ist.

Unter der Epidermis befinden sich 2 bis 3 Lagen isodiametrischer Zellen, die sich der rundlichen (Querschnitts-) Gestalt des Organes angemessen in concentrischen Kreisen so ordnen, dass sie in der Mitte mehrere Luftkanäle frei lassen. Das Leitbündel liegt excentrisch in der Nähe des mittleren Luftkanals.

D. Vacciniaceae.

Transversaler Querschnitt durch ein Blatt von Vaccinium Myrtillus.

Am transversalen Querschnitt bemerkt man unter der chlorophyllfreien Epidermis eine Reihe kurzer Assimilationszellen, die zum Teil trichterförmige, zum Teil kegelförmige Gestalt haben; als normale Palissaden möchten diese Zellen kaum zu bezeichnen sein. Unter denselben liegt eine Reihe isodiametrischer Zellen, auf welche 2—3 Reihen schwach transversal gestreckter Zellen folgen.

E. Berberidaceae.

1. Transversaler Querschnitt durch das Blatt von Jeffersonia diphylla.
2. Transversaler Querschnitt durch das Blatt von Podophyllum peltatum.

1. Jeffersonia diphylla zeigt eine ähnliche Blattstructur wie Vaccinium Myrtillus; unter der obersten Schicht kurzer, mehr oder weniger trichterförmiger Zellen ist ein Mesophyll zu erkennen, das aus 5—7 Reihen transversal gestreckter Zellen besteht.

2. In dem transversalen Querschnitt durch das Blatt von Podophyllum peltatum findet sich ein Blattgewebe, welches aus 7—8 Zelllagen besteht. Während die Zellen an der morphologischen Oberseite isodiametrisch resp. kegelförmig erscheinen, zeigen die Zellen der unteren Schichten teilweise eine transversale Streckung.

Die biologischen Aufschlüsse über Jeffersonia diphylla und Podophyllum peltatum die ich erhielt, sprechen für eine Nebeneinanderstellung mit Vaccinium Myrtillus, dass sie nämlich als schattenliebende Pflanzen zu betrachten sind. Schon Stahl hat in seiner bekannten Arbeit die diesbezügliche Korrelation der Blattstructur zu äusseren Factoren nachgewiesen[1]). Bei starker Beschattung ist wie bei Fagus silvatica eine geringe Ausbildung des Palissadenparenchyms zu bemerken, wogegen mit einer intensiven Beleuchtung die starke Entwickelung der Palissaden Hand in Hand geht. Ein Extrem in der Ausbildung der Palissadenzellen im Zusammenhang mit starker Besonnung ist bei Lactuca Scariola und möglichen Falles auch bei Chelone Torreyi und Moricandia arvensis[2]) konstatiert worden, deren Blattgewebe fast nur aus Palissaden zusammengesetzt erscheint.

F. Crassulaceae.

1. Transversaler Querschnitt durch das Blatt von Sedum Telephium.
2. Transversaler Querschnitt durch das Blatt von Sedum reflexum.
3. Transversaler Querschnitt durch das Blatt von Sedum spurium.

1. Sedum Telephium.

Die Durchschnitte, welche in transversaler, longitudinaler (und tangentialer) Richtung geführt sind, zeigen unter der chlorophyllfreien Epidermis ein Mesophyll, das aus fast gleich geformten Zellen besteht. Befinden sich auch an der morphologischen Oberfläche in der ersten Reihe einige

[1]) Ueber den Einfluss des sonnigen und schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Jena 1883. Fischer.

[2]) Heinricher: Ueber isolateralen Blattbau. Pringsheim Jahrb. Bd. XV, H. 3.

Zellen, welche stellenweis eine geringe Streckung parallel zur Oberfläche aufweisen, so haben doch die nun folgenden 6—8 Reihen von Zellen isodiametrische Gestalt (Fig. 27).

2. Sedum reflexum.

Bei Sedum reflexum (ebenso S. Ewersii, miranthum, monregalense, populifolium) setzt sich das Mesophyll aus tonnenförmigen resp. isodiametrischen Zellen zusammen.

3. Sedum spurium.

In dem transversalen Querschnitt von Sedum spurium (und Sedum maximum) erblicken wir in den obersten Schichten palissadenförmig verlängerte, abgerundete Zellen, die senkrecht zur Oberfläche gestellt sind. Bei den Zellen der übrigen Lagen vermindert sich die senkrechte Streckung.

Zuleitende und ableitende Zellen konnten nicht unterschieden werden; das Assimilationsgewebe dient zugleich als Ableitungsgewebe, wie dies bereits von Haberlandt bezüglich der Sempervivum-Arten ausgeführt ist.[1])

Stellt man die Frage, warum die vorbezeichneten Crassulaceen — somit dicotyle Pflanzen — ein so einfaches Assimilationssystem zeigen, so mögen zur Antwort folgende Erwägungen beitragen. Sedum Telephium, S. reflexum, S. spurium u. a. sind succulente mit innerem Wassergewebe versehene Pflanzen. Bei eintretendem Wassermangel wird sich eine Schrumpfung geltend manchen; durch diese Schrumpfung würden nachteilige Folgen für (radial) gestreckte Zellen eher eintreten können als für rundliche Zellen. Diese geben am leichtesten nach und passen sich bei wiederauftretender Wassereinnahme einer Ausdehnung am besten an.

Wenn dies auch keine erschöpfende Erklärung sein soll, so wird in vorliegenden Untersuchungen der Ausspruch dieses Gedankens doch eine gewisse Berechtigung haben.

Abschluss.

Die wenigen angeführten Beispiele aus der unerschöpflichen Fülle der Natur mögen zeigen, dass in bezug auf die Ausbildung des Assimilationssystems die Zweckmässigkeit

---

[1]) Haberlandt. Vergleichende Anatomie d. ass. Gew. pag. 47.

eine Rolle von so ausschlaggebender Bedeutung spielt, dass sie vor allem als das herrschende Princip anzusehen ist. Lebermoose, Farne, Monocotylen und Dicotylen geben Material zu dieser Auffassung.

Als Endergebnis seien hier folgende Schlusssätze angeführt.

1. Der Bau des Assimilationssystems der Pflanzen ist von einer systematischen Einteilung derselben unabhängiger, als es nach den Aeusserungen massgebender Autoren scheint.
2. Für eine naturgemässe Beurteilung des Assimilationssystems bietet die physiologisch-anatomische Methode die sicherste und unentbehrlichste Grundlage.
3. Das Vorkommen sowohl niedriger als hoher Differenzierungsgrade in allen Bauverhältnissen des Assimilationssystems lässt bei genauer Untersuchung nicht die systematische Stellung, sondern die biologischen Verhältnisse als Hintergrund erscheinen.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1a. Marchantia polymorpha. Transversaler Querschnitt durch den Thallus. a, b, c typische Assimilationszellen; t^1, t^2, t^3 Sammelzellen; z Ableitungszelle.

Fig. 1b. March. pol. Ein System von Chlorophyllzellen.

Fig. 2. March. pol. Longitudinaler Querschnitt durch den Thallus. a, b, c typische Assimilationszellen; t^1, t^2, Trichterzellen; z Ableitungszelle.

Fig. 3. March. pol. Querschnitt durch den Strahl einer Inflorescenz; a, b, c typische Assimilationszellen, t^1, t^2, t^3 Trichterzellen, z Ableitungszelle.

Fig. 4. March. pol. Längsschnitt durch den Strahl einer Inflorescenz.

Fig. 5. March. pol. Querschnitt durch den Inflorescenzstiel; r Luftkammern der Assimilationsleiste; K kollenchymatische Verdickung (cf: Fig. 6 u. 7).

Fig. 6. March. pol. Einige Luftkammern der Assimilationsleiste des Inflorescenzstieles (cf. Fig. 5 r) stärker vergrössert. Querschnitt.

Fig. 7. March. pol. Querschnitt durch die kollenchymatische Verdickung des Inflorescensstieles (cf: Fig. 5 K) stärker vergrössert.

Fig. 8. March. pol. Längsschnitt durch den Inflorescenzstiel.

Fig. 9. Fegatella conica. Längsschnitt durch den Thallus.

Fig. 10. Preissia commutata Querschnitt durch den Thallus.

Fig. 11. Polypodium vulgare. Querschnitt durch das Blatt.

Fig. 12 Polypodium vulgare. Längsschnitt durch das Blatt.

Fig. 13. Potamogeton perfoliatus. Blattquerschnitt.

Fig. 14. Potamogeton perfoliatus. Blattlängsschnitt.

Fig. 15. Potamogeton crispus. Blattquerschnitt.

Fig. 16. Potamogeton crispus. Blattlängsschnitt.

Fig. 17. Potamogeton lucens. Querschnitt durch den nervenführenden Teil des Blattes. i Intercellularräume.

Fig. 18. Potamogeton natans. Querschnitt durch das Leitbündel eines Schwimmblattes, i Intercellularräume.

Fig. 19. Potamogeton plantagineus. Querschnitt durch das Schwimmblatt.

Fig. 20. Alisma Plantago. Partie aus dem Querschnitt eines Luftblattes.

Fig. 21. Alisma arenatum. Querschnitt durch den gefässführenden Teil des Luftblattes.

Fig. 22. Sagitaria sagittifolia. Querschnitt durch das Leitbündel eines Luftblattes; i Intercellularräume.

Fig. 23. Sagittaria natans. Längsschnitt durch ein Schwimmblatt.

Fig. 24. Stratiotes aloides. Querschnitt durch ein Wasserblatt (Entnommen am 3. VIII. 97).

Fig. 25a Hippuris vulgaris. Querschnitt durch ein Luftblatt.

Fig. 25b. Hippuris vulgaris. Querschnitt durch ein submerses Blatt. L: Leitbündel.

Fig. 26. Callitriche stagnalis. Querschnitt durch ein Wasserblatt.

Fig. 27. Sedum Telephium. Partie aus dem Blattquerschnitt.

VITA.

Als Sohn des Kaufmannes Carl Roedler und seiner Ehefrau Johanna geb. Niemann wurde ich, Carl Roedler, am 7. November 1861 in Bernau bei Berlin geboren und in der evangelischen Konfession erzogen.

Ich besuchte die Schule meiner Vaterstadt und von 1873—77 das Realgymnasium zu Potsdam, das ich wegen des Todes meines Vaters verlassen musste.

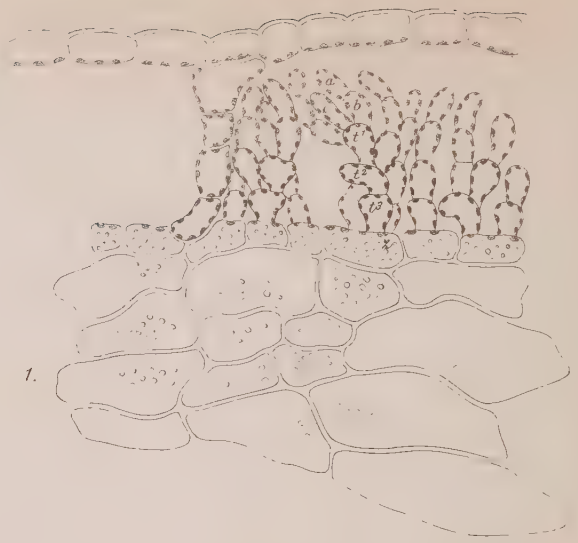
Nach privater Vorbereitung bestand ich 1879 die Aufnahmeprüfung am Königl. Seminar in Berlin und nach dreijährigem erfolgreichen Besuch die I. Lehrerprüfung und 1884 die II. Lehrerprüfung. Nach weiteren 3 Jahren legte ich die Prüfung für ein Lehramt an Mittelschulen ab und bestand im Jahre 1891 die Rectoratsprüfung zur Leitung von Volksschulen und 1894 diejenige zur Leitung von Mittel- und höheren Töchterschulen mit fremdsprachlichem Unterricht. Seit 1882 bin ich städtischer Lehrer in Berlin. Auf meine Bitte wurde ich durch Erlass des Kultusministers im Herbst 1895 an der Berliner Universität immatrikuliert und besuchte die Vorlesungen daselbst bis Ostern 1897. Ein längerer Urlaub der vorgesetzten Behörde zur wissenschaftlichen Fortbildung ermöglichte den Besuch der Universität Freiburg in der Schweiz, wohin ich von Berlin aus gewiesen wurde, und an welcher Hochschule ich mehrere Semester bis Sommer 1898 immatrikuliert war.

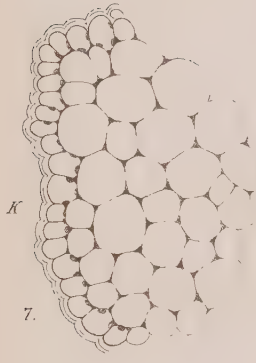
Schon im Sommer 1890 hatte ich mit Urlaub Anteil an einem Fortbildungskursus der Universität Jena genommen.

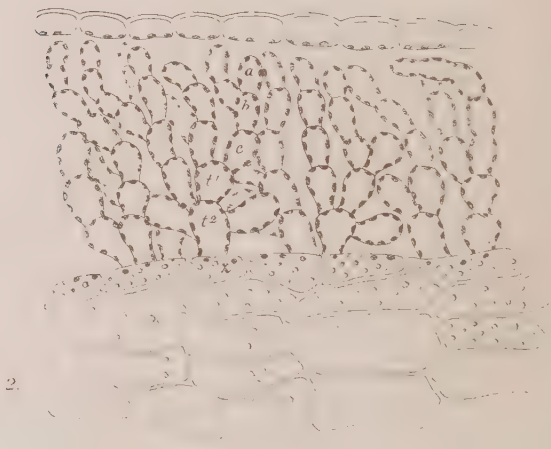
Meine Lehrer waren in Berlin die Herren Professoren: Helmert, Hoppe, Lasson, Magnus, Möbius, Reinhardt, Schulze, Schwendener, Volkens;
in Jena die Herren Prof.: Detmer, Gärtner, Rein, Schäffer;
in Freiburg die Herren Prof.: Brunhes, Girard, Horner, Kathariner, Westermaier.

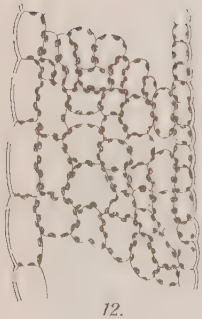
Diesen Herren bin ich, besonders Herrn Geheimrat Prof. Dr. Schwendener und Herrn Prof. Dr. Westermaier zu tiefstem Danke verpflichtet.

1b.

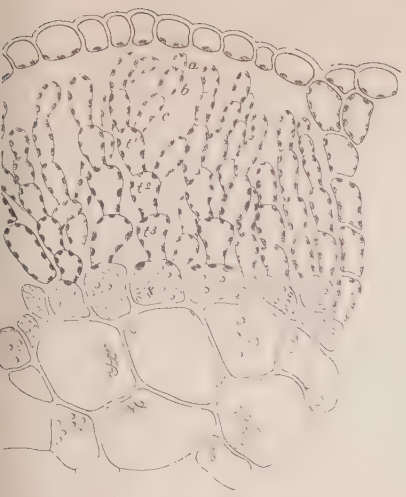

a
b
t
t2
t3
1.

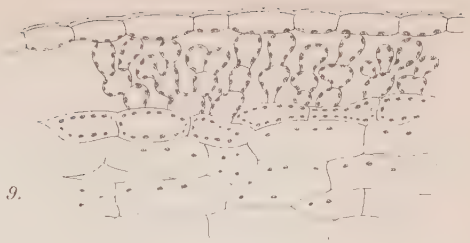

K
7.


a
b
c
t
t2
2.

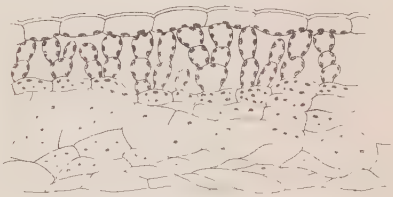

12.

24.

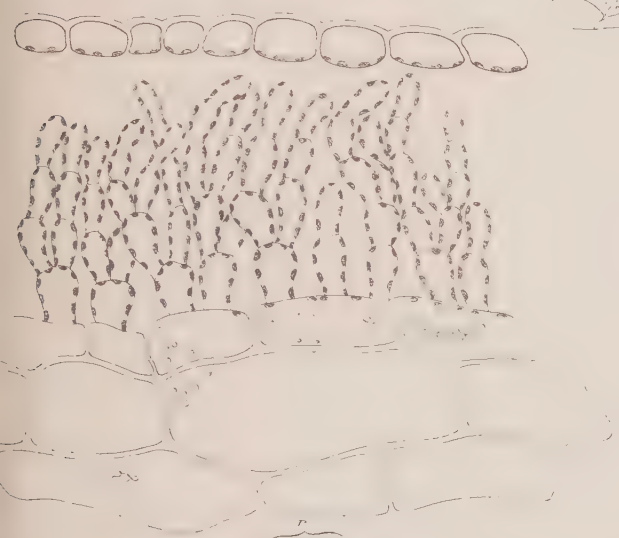


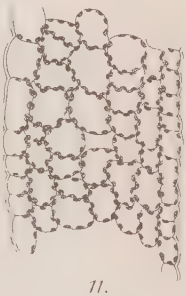


9.

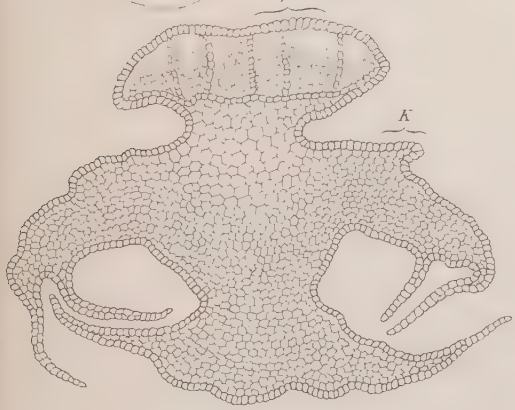


10.

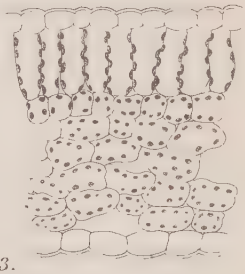




11.



5.



23.

E. Laue, Lith. Inst. Berlin